

PAT-NO: JP02002110518A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002110518 A

TITLE: SUPERPOSITION METHOD

PUBN-DATE: April 12, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SATO, TAKASHI	N/A
SATO, YASUHARU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOSHIBA CORP	N/A

APPL-NO: JP2000297448

APPL-DATE: September 28, 2000

INT-CL (IPC): H01L021/027, G03F009/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To clearly perform discrimination between normal measurement and abnormal one that is a flyer, and to accurately correct superposition deviation.

SOLUTION: In this superposition method having a process for performing superposition exposure in a plurality of chip regions 12 on a wafer 11, and for measuring the amount of superposition error in each chip region 12 for later exposure, superposition error measurement marks 14 of a first layer and those 15 of a second one are provided at a plurality of places in the chip region 12. In each chip region 12, a measurement value is used, where a value obtained by adding a value of $\sqrt{3}$ times the standard deviation to an average amount of deviation between marks 14 and 15 is the maximum and a value obtained by subtracting a value of $\sqrt{3}$ times the standard deviation from the average amount of deviation is the minimum. Then, the average value of the measurement value is calculated again for calculating a shift error, and the calculated value is set to a superposition compensation value in the exposure region of the wafer to be exposed later.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-110518

(P2002-110518A)

(43)公開日 平成14年4月12日(2002.4.12)

(51)Int.Cl.
H 01 L 21/027
G 03 F 9/00

識別記号

F I
G 03 F 9/00
H 01 L 21/30

データコード(参考)
H 5 F 0 4 6
5 2 5 W

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-297448(P2000-297448)

(22)出願日 平成12年9月28日(2000.9.28)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 佐藤 隆
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 佐藤 康春
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

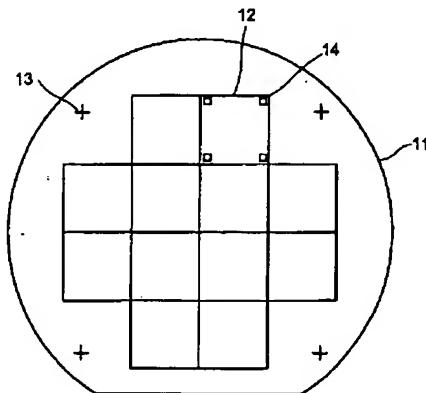
(74)代理人 100058479
弁理士 鈴江 武彦 (外6名)
Fターム(参考) 5F046 EB01 EB05 FC04 FC08

(54)【発明の名称】重ね合わせ方法

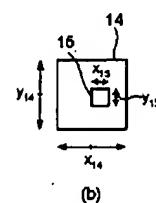
(57)【要約】

【課題】正常な計測とフライヤーである異常な計測とを明確に判別することができ、合わせずれの補正を高精度に行う。

【解決手段】ウェハ11上の複数のチップ領域12で重ね合わせ露光を行い、後の露光のために各チップ領域12の重ね合わせ誤差量を測定する工程を備えた重ね合わせ方法において、チップ領域12内に第1層目の合わせ誤差測定マーク14と第2層目の合わせ誤差測定マーク15がそれぞれ複数箇所設けられ、各々のチップ領域12でマーク14と15のずれ量の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を加えた値が上限でずれ量の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を引いた値が下限の範囲内に入る測定値を用い、該測定値の平均値を再び計算してシフト誤差を算出し、この算出値を後に露光するウェハの露光領域の重ね合わせ補正量とする。



(a)



(b)

【特許請求の範囲】

【請求項1】ウェハ上の複数の露光領域で重ね合わせ露光を行い、後の露光のために各露光領域の重ね合わせ誤差量を測定する際に、

前記露光領域内の重ね合わせ測定点が複数点あり、各々の測定点の測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を加えた値が上限で各々の測定点の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を引いた値が下限の範囲内に入る測定点の測定値を用い、該測定値の平均値を再び計算してシフト誤差を算出し、

この算出値を後に露光するウェハの露光領域の重ね合わせ補正量とすることを特徴とする重ね合わせ方法。

【請求項2】ウェハ上の複数の露光領域で重ね合わせ露光を行い、後の露光のために各露光領域の重ね合わせ誤差量を測定する際に、

前記露光領域内の重ね合わせ測定点が複数点あり、各々の測定点の測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を加えた値が上限で各々の測定点の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を引いた値が下限の範囲内に入る測定点の測定値を用いてウェハの露光領域の重ね合わせ誤差の系統誤差を算出し、

この算出値を後に露光するウェハの露光領域の重ね合わせ補正量とすることを特徴とする重ね合わせ方法。

【請求項3】ウェハ上の複数の露光領域で重ね合わせ露光を行い、後の露光のためにウェハの重ね合わせ誤差を測定する際に、

前記ウェハ上での代表的な測定点によって求めたウェハの測定値の平均値に標準偏差の2倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の2倍を引いた値が下限の範囲内に入る測定点の測定値を用い、該測定値の平均値を再び計算してシフト誤差を算出し、この算出値を後に露光するウェハの重ね合わせ補正量とすることを特徴とする重ね合わせ方法。

【請求項4】ウェハ上の複数の露光領域で重ね合わせ露光を行い、後の露光のためにウェハの重ね合わせ誤差を測定する際に、

前記ウェハ上での代表的な測定点によって求めたウェハの測定値の平均値に標準偏差の2倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の2倍を引いた値が下限の範囲内に入る測定点の測定値を用いてウェハの重ね合わせ誤差の系統誤差を算出し、

この算出値を後に露光するウェハの重ね合わせ補正量とすることを特徴とする重ね合わせ方法。

【請求項5】ウェハ上の複数の露光領域で重ね合わせ露光を行うために、

前記露光領域内のアライメントマークの位置を測定する際に、前記露光領域内のアライメントマークが複数点あり、各々のアライメントマークの位置の測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を引いた値が下限の範囲内に入る

アライメントマークの測定値を用い、該測定値の平均値を再び計算してシフト誤差を算出し、この算出値を露光すべきウェハの露光領域内の重ね合わせ補正量とすることを特徴とする重ね合わせ方法。

【請求項6】ウェハ上の複数の露光領域で重ね合わせ露光を行うために、

前記露光領域内のアライメントマークの位置を測定する際に、前記露光領域内のアライメントマークが複数点あり、各々のアライメントマークの位置の測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を引いた値が下限の範囲内に入るアライメントマークの測定値を用いてウェハの露光領域の重ね合わせ誤差の系統誤差を算出し、

この算出値を露光すべきウェハの露光領域内の重ね合わせ補正量とすることを特徴とする重ね合わせ方法。

【請求項7】ウェハ上の複数の露光領域で重ね合わせ露光を行うために、

前記露光領域内のアライメントマークの位置を測定する際に、各々の露光領域での代表的なアライメントマークの測定点によって求めたウェハの測定値の平均値に標準偏差の2倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の2倍を引いた値が下限の範囲内に入るアライメントマークの測定点の測定値を用い、該測定値の平均値を再び計算してシフト誤差を算出し、

この算出値を露光すべきウェハの重ね合わせ補正量とすることを特徴とする重ね合わせ方法。

【請求項8】ウェハ上の複数の露光領域で重ね合わせ露光を行うために、

前記露光領域内のアライメントマークの位置を測定する際に、各々の露光領域での代表的なアライメントマークの測定点によって求めたウェハの測定値の平均値に標準偏差の2倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の2倍を引いた値が下限の範囲内に入るアライメントマークの測定点の測定値を用いてウェハの重ね合わせ誤差の系統誤差を算出し、

この算出値を露光すべきウェハの重ね合わせ補正量とすることを特徴とする重ね合わせ方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体リソグラフィー工程におけるマスク間の重ね合わせ方法に係わり、特にアライメントマークや合わせ誤差測定マーク等を用いた重ね合わせ方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の製造工程では、半導体リソグラフィー工程において各種バターン膜や開口部等の形成をしている。この工程は先に形成された層と、後から形成する層との間で相対的な位置関係が正確に合わさる必要がある。ここで、仮に先に形成された層を第1層、後から形成された層を第2層と呼ぶことにすると、

第1層と第2層は必ずしも連続した工程である必要はない。また、露光前に露光すべき位置を検出するためのマークをアライメントマーク、露光後に露光位置のずれ量を測定するマークを合わせ誤差測定マークと呼ぶことにする。

【0003】従来は、第1層にアライメントマークと第1の合わせ誤差測定マーク、第2層に第2の合わせ誤差測定マークを形成し、これら第1と第2の合わせ誤差測定マークの重なり誤差を測定することで、前記した第1層と第2層の位置合わせ量を測定したり、又は合わせそのものを高精度に行うための補正を行っていた。例えば、測定値を解析することで、回転誤差、倍率誤差、直交度誤差などの系統的な誤差の値を解析し、フィードバックに利用することができた。

【0004】一方、前記合わせ誤差測定用マークは理想的には半導体の諸工程を経ても形状の変化は最小限であるべきであるが、通常は、膜の堆積やエッティングの工程を経ると形状が大きく変化する場合がある。またこの変化量は1枚のウェハの中でどこでも同一であるとは限らないため、測定系の条件を信号処理等の手段によって一つのマークに対して最適化を行っても、別のマークに対しては最適な測定条件から大きく外れる場合がしばしば発生する。そして、このことが原因となって、測定値が予想される誤差の範囲を大きく超えた値となることがあり、露光位置を正しく設定しようとする際に大きな問題となっていた。

【0005】このような現象やこの現象から得られた値は、測定のとび、又はフライヤー(flyer)と呼ばれていた。また、このフライヤーは、合わせ誤差測定のときだけでなく、合わせ露光を行おうとする際にアライメントマークの位置を検出する際にも発生する場合があり、やはり大きな問題であった。

【0006】さらに、このフライヤーに関しては、もう一つ大きな問題があった。それは、正常な計測とフライヤーである異常な計測は計測値に明確な区別があるわけではなく、どれがフライヤーなのか判断するのは非常に難しいということである。即ち、フライヤーとする基準の取り方を誤ると、正常な測定であるのにフライヤーとして解析の際にデータを除去してしまい、誤った解析結果を算出することになる。或いは、フライヤーであるのに正常な計測値であるとすれば、同様に誤った解析結果を算出することになる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、アライメントマークや合わせ誤差測定マーク等を用いて合わせずれを計測する際に、正常な計測とフライヤーである異常な計測とを判別することができず、このために後続の露光時の合わせずれの補正を高精度に行うこととは困難であった。

【0008】本発明は、上記事情を考慮して成されたも

ので、その目的とするところは、正常な計測とフライヤーである異常な計測とを明確に判別することができ、合わせずれの補正を高精度に行い得る重ね合わせ方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】(構成) 上記課題を解決するために本発明の重ね合わせ方法は、次のような構成を採用している。即ち本発明は、ウェハ上の複数の露光領域で重ね合わせ露光を行った後に、各露光領域の重ね合わせ誤差又はウェハの重ね合わせ誤差を測定して、後の露光のための重ね合わせ誤差を補正するために、次のような構成を採用している。

【0010】(1) 露光領域内での重ね合わせ測定点が複数点あり、各々の測定点の測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を加えた値が上限で各々の測定点の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を引いた値が下限の範囲内に入る測定点の測定値を用い、該測定値の平均値を再び計算してシフト誤差を算出し、この算出値を後に露光するウェハの露光領域の重ね合わせ補正量とする。なお、 $\sqrt{3}$ は3の平方根である $3^{1/2}$ を意味している。

【0011】(2) 露光領域内での重ね合わせ測定点が複数点あり、各々の測定点の測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を加えた値が上限で各々の測定点の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を引いた値が下限の範囲内に入る測定点の測定値を用いてウェハの露光領域の重ね合わせ誤差の系統誤差を算出し、この算出値を後に露光するウェハの露光領域の重ね合わせ補正量とする。

【0012】(3) ウェハ上での代表的な測定点によって求めたウェハの測定値の平均値に標準偏差の2倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の2倍を引いた値が下限の範囲内に入る測定点の測定値を用い、該測定値の平均値を再び計算してシフト誤差を算出し、この算出値を後に露光するウェハの重ね合わせ補正量とする。

【0013】(4) ウェハ上での代表的な測定点によって求めたウェハの測定値の平均値に標準偏差の2倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の2倍を引いた値が下限の範囲内に入る測定点の測定値を用いてウェハの重ね合わせ誤差の系統誤差を算出し、この算出値を後に露光するウェハの重ね合わせ補正量とする。

【0014】また本発明は、ウェハ上の複数の露光領域で重ね合わせ露光を行うために、次のような構成を採用している。

【0015】(5) 露光領域内のアライメントマークの位置を測定する際に、露光領域内でのアライメントマークが複数点あり、各々のアライメントマークの位置の測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を引いた値が下限の範囲内に入るアライメントマークの測定値を用い、該測定値の平均値を再び計算してシフト誤差を算出し、この算出値を露光すべきウェハの露光領域内の重ね合わせ補正量

とする。

【0016】(6) 露光領域内のアライメントマークの位置を測定する際に、露光領域内でのアライメントマークが複数点あり、各々のアライメントマークの位置の測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を引いた値が下限の範囲内に入るアライメントマークの測定値を用いてウェハの露光領域の重ね合わせ誤差の系統誤差を算出し、この算出値を露光すべきウェハの露光領域内の重ね合わせ補正量とする。

【0017】(7) 露光領域内のアライメントマークの位置を測定する際に、各々の露光領域での代表的なアライメントマークの測定点によって求めたウェハの測定値の平均値に標準偏差の2倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の2倍を引いた値が下限の範囲内に入るアライメントマークの測定点の測定値を用い、該測定値の平均値を再び計算してシフト誤差を算出し、この算出値を露光すべきウェハの重ね合わせ補正量とする。

【0018】(8) 露光領域内のアライメントマークの位置を測定する際に、各々の露光領域での代表的なアライメントマークの測定点によって求めたウェハの測定値の平均値に標準偏差の2倍を加えた値が上限で測定値の平均値に標準偏差の2倍を引いた値が下限の範囲内に入るアライメントマークの測定点の測定値を用いてウェハの重ね合わせ誤差の系統誤差を算出し、この算出値を露光すべきウェハの重ね合わせ補正量とする。

【0019】(作用) 半導体リソグラフィー工程において、異なるマスク間での重ね合わせ露光をするときに、最初のウェハの重ね合わせ結果を2枚目以降に補正值としてフィードバックすることがある。或いは、1枚とは限らなくとも、以前に露光した結果に基づいて、後続の露光時の合わせ補正值として利用することがある。

【0020】このとき、補正前の重ね合わせデータにおいて、インドラフィールド（露光ショット）、即ちチップ内に複数の測定点がある場合には、まずチップ内の重ね合わせの測定データからX方向とY方向それぞれについて平均値 m_i と標準偏差 σ_i を求め、合わせデータが $m_i \pm \sqrt{3}\sigma_i$ の範囲に入っていないデータは測定時の誤検出によるものであるとして除き、残ったデータから平均値 m'_i を計算して、フィードバックに利用する。この際、フィードバックする値は、平均値だけでなく、倍率誤差、回転誤差、直交度誤差等をやはり残ったデータから計算してフィードバックすることができる。次に、こうして求めた各チップの位置からインターフィールドの重ね合わせ誤差量を求める。

【0021】インターフィールド（ウェハ）の重ね合わせ誤差量を計算する際、インターフィールドのデータの標準偏差 σ と平均値 m を計算し、合わせデータが $m \pm 2\sigma$ の範囲に入っていないデータは測定時の誤検出によるものであるとして除き、残ったデータから平均値 m' を

計算して、フィードバックに利用する。この際、フィードバックする値は、平均値だけでなく倍率誤差、回転誤差、直交度誤差等をやはり残ったデータから計算してフィードバックすることができる。また、このようなインターフィールド計算には、各チップの露光領域の代表点を用いるが、露光領域内に複数の測定点がある場合には、その複数点からその露光領域の代表的な重ね合わせ誤差量を計算してチップの代表的な重ね合わせ誤差量とする。

10 【0022】また、インターフィールド（露光ショット）、即ちチップ内での合わせずれを計算する際にはインターフィールドの計算時に取り除いた残りのチップを用いてインドラフィールドの合わせ誤差を計算する。或いは、インターフィールドの重ね合わせの測定データから平均値 m_i と標準偏差 σ_i を求め、合わせデータが $m_i \pm \sqrt{3}\sigma_i$ の範囲に入っていないデータは測定時の誤検出によるものであるとして除き、残ったデータから平均値 m'_i を計算して、フィードバックに利用する。この際、フィードバックする値は、平均値だけでなく、倍率誤差、回転誤差、直交度誤差等をやはり残ったデータから計算してフィードバックすることができる。

【0023】一方、露光時にアライメントマークを検出して重ね合わせ露光をするときにも同様な手段が使える。ウェハ上のアライメントマークの位置を検出するときに、上述の重ね合わせ誤差の測定の際に用いたのと同じデータ処理を行って検出誤差による測定値を取り除き、残った測定値を使ってインターフィールドとインターフィールドの露光すべき位置を検出する。

【0024】30 【発明の実施の形態】本発明の実施形態を説明する前に、アライメントマーク及び合わせ誤差測定マークについて説明しておく。図1(a)に示すように、ウェハ11の中央部に複数のチップ12を規定するためのチップ領域が設けられ、ウェハ11の4隅にそれぞれアライメントマーク13が設けられ、各々のチップの4隅に合わせ誤差測定マーク14が設けられている。ここで、アライメントマーク13は各チップ12毎に設けても良い。

【0025】上記のウェハを第1層目とするとき、後から形成する第2層目には合わせ誤差測定マーク15が設けられており、第2層目を露光した後の各誤差測定マーク14、15の関係は、例えば図1(b)に示すようになる。1層目の合わせ誤差測定マーク14（比較的大きな矩形）内に2層目の合わせ誤差測定マーク（小さな矩形）15が位置している。各々のマーク14、15は、X方向線分の中点 x_{14} 、 x_{15} 及びY方向線分の中点 y_{14} 、 y_{15} から中心位置が決まり、各々の中心位置を比較することにより、1層目と2層目の合わせずれが分かることになる。

【0026】マークの位置検出には、微小スポットの光や電子ビームをマーク近傍で走査し、その反射光や二次

電子を検出する。マークの有無により検出信号が異なることから、走査位置と検出信号を基にマーク位置が計測されることになる。

【0027】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

【0028】(第1の実施形態) イントラフィールドの合わせずれが線形成分からなる系統誤差によって生じているとする。1ショット内のx方向の線形誤差を e_x 、y方向の線形誤差を e_y とすると、

$$e_x = s_x + m_x x - (a_\theta + a_0) y \dots (1)$$

$$e_y = s_y + m_y y - a_\theta x \dots (2)$$

と表すことができる。ここで、 x , y はショット内の任意の測定点座標、 s_x , s_y はそれぞれx方向とy方向のシフト誤差、 m_x , m_y はそれぞれx方向とy方向の倍率誤差、 a_θ はショット回転誤差、 a_0 はショット直交度誤差である。ショット内の系統誤差、即ちシフト誤差、倍率誤差、回転誤差、直交度誤差を図示すると、図2(a)~(d)のように、四角形の露光領域がベクトル方向にずれたり変形したりすることである。ここで、図1の実線は誤差のない露光領域であり、破線は誤差がある露光領域を示している。また、 x , y は、ショットの幅を w 、高さを h とすると

$$-w/2 \leq x \leq w/2 \dots (3)$$

$$-h/2 \leq y \leq h/2 \dots (4)$$

が成立つ。式(1)(2)に関して、これらを

$$z = a x + b y + c \dots (5) *$$

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (z - c)^2 g(z) dz = \frac{(aw)^2 + (bh)^2}{12} \dots (12)$$

【0033】となり、標準偏差 σ は

$$\sigma = \{(aw)^2 + (bh)^2\}/12^{1/2} \dots (13)$$

となる。ところで、イントラフィールド誤差の存在範囲は、

$$L = (aw + bh)/2 \dots (14)$$

とおくと、図4から分かるように

$$c - L \leq z \leq c + L \dots (15)$$

である。式(13)を L を使って書き換えると

$$\sigma = (L^2/3 - awbh/6)^{1/2} \dots (16)$$

となり、これを L についての式にすると、

$$L = (3\sigma^2 + awbh/2)^{1/2} \dots (17)$$

となる。ここで、 a はショットの回転誤差や直交度誤差であるが、通常の良く調整された露光装置では大変小さい値であり、

$$3\sigma^2 \gg awbh/2 \dots (18)$$

が成立つ。これより、式(17)は、

$$L = 3^{1/2}\sigma \dots (19)$$

となる。これを使って、式(15)の z の範囲を書き換えると、

$$c - 3^{1/2}\sigma \leq z \leq c + 3^{1/2}\sigma \dots (20)$$

である。

*と書くことにする。式(4)から

$$-bh/2 \leq by \leq bh/2 \dots (6)$$

であり、この式(6)と式(3)及び式(5)から x と z の存在範囲を図示すると、図3の平行四辺形の内側になる。

【0029】合わせ誤差が z_0 のときの分布を $V(z_0)$ とし、図3の平行四辺形の面積を S とすると、確率密度関数 $g(z)$ は、次のようになる。

【0030】

$$g(z) = V(z)/S \dots (7)$$

$$= V(z)/(bhw) \dots (8)$$

ここで、例えば、

$$aw \leq bh$$

$$a > 0, b > 0, c > 0$$

と仮定すると、確率密度関数は図4のようになる。図4の各 z の範囲に応じて $g(z)$ を $g_1(z)$, $g_2(z)$, $g_3(z)$ と場合分けすると、それぞれ次のようになる。

【0031】

$$g_1(z) = (1/awbh) \{z + (aw + bh)/2 - c\} \dots (9)$$

$$g_2(z) = 1/bh \dots (10)$$

$$g_3(z) = (1/awbh) \{-z + (aw + bh)/2 + c\} \dots (11)$$

一方、確率密度関数 $g(z)$ の分散は、

【0032】

【数1】

30※【0034】このことから、ウェハ内の合わせ誤差は式(20)の範囲、即ち測定点の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を加えた値が上限で測定点の平均値に標準偏差の $\sqrt{3}$ 倍を引いた値が下限の範囲内に入ることになり、この範囲に入らない測定点は、計測上の異常点即ちフライヤーであるとして以降の誤差解析には用いないようとする。

【0035】こうして得られた正常な測定結果を用いて、式(1)(2)から x と y 方向のシフト誤差、 x と y 方向の倍率誤差、ショット回転誤差、ショット直交度誤差を求める。また、ショット内の測定点が多数ある場合には、線形誤差に限らず、2次以降の高次項の系統誤差を求めて良い。例えば、トラベゾイドと呼ばれる台形誤差、樽型や糸巻き型の歪曲誤差などがある。これらの系統誤差の解析値を後続のウェハやロットの露光において補正することで高精度の合わせ精度を得ることができる。

【0036】次に、ウェハ内の位置合わせ誤差も系統的な誤差に解析することが可能である。このとき、非線形の系統的誤差も含まれているが、近似としては線形の系統的誤差で議論することができる。そこで、ウェハ内の x 方向の線形誤差を E_x , y 方向の線形誤差を E_y とす

ると、

$$E_x = S_x + M_x X - (A_\theta A_0) Y \quad \dots (21)$$

$$E_y = S_y + M_y Y + A_\theta X \quad \dots (22)$$

と表すことができる。ここで、X、Yはウェハ上のショット内の系統誤差を計算した際に求めたショット中心の座標、 S_x 、 S_y はそれぞれx方向とy方向のシフト誤差、 M_x 、 M_y はそれぞれx方向とy方向の倍率誤差、 A_θ はウェハ回転誤差、 A_0 はウェハ直交度誤差である；ここで、ウェハ内の系統誤差、即ちシフト誤差、倍率誤差、回転誤差、直交度誤差を図示すると、図5(a)～(d)のようにウェハ内の露光ショットの位置がベクトル方向にずれたり変形したりすることである。

また、X、Yは、ウェハの半径をRとするとき

$$X^2 + Y^2 \leq R^2 \quad \dots (23)$$

が成り立つ。式(1) (2)に関して、これらを

$$Z = AX + BY + C \quad \dots (24)$$

と書くこととする。

【0037】次に、式(23) (24)からXの存在範囲とZに関する存在確率を求める。式(24)から

$$Y = (Z - AX - C) / B \quad \dots (25)$$

となって、これを式(23)に代入すると

$$(X/R)^2 + [(Z-AX-C)/BR]^2 \leq 1 \quad \dots (26)$$

となる。これを図示すると図6のような橍円の内側になる。ここで、 $Z = Z_0$ のときの橍円のX軸方向の両端間の距離 $U(Z_0)$ を求めるとき

$$U(Z_0) = 2|B| / \sqrt{A^2 + B^2} \times [(A^2 + B^2)R^2 - (Z_0 - C)]^{1/2} \quad \dots (27)$$

となる。この関数を書き換えると、

【0038】

【数2】

$$\left(\frac{Z_0 - C}{\sqrt{A^2 + B^2} R} \right)^2 + \left(\frac{U(Z_0)}{2|B|R} \right)^2 = 1 \quad \dots (28)$$

但し、 $U(Z_0) \geq 0$

【0039】となり、橍円のZ軸の上半分であることが分かる。これより、合わせ誤差を z としたときの分布は半橍円分布であることが分かる。この分布を規格化し合わせ誤差 z に関する確率密度関数 $f(z)$ を求めるとき、

$$f(z) = 2 / \pi R^2 (A^2 + B^2) \times [(A^2 + B^2)R^2 - (z - C)]^{1/2} \quad \dots (29)$$

となる。これを図示すると図7のようになり、 z の範囲は

$$C - (A^2 + B^2)^{1/2} R \leq z \leq C + (A^2 + B^2)^{1/2} R \quad \dots (30)$$

である。

【0040】一方、確率密度関数 $f(z)$ の分散 $V[f(z)]$ を σ^2 とすると、

【数3】

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (z - c)^2 f(z) dz = \frac{(A^2 + B^2)}{4} R \quad \dots (31)$$

となり、標準偏差 σ は

$$\sigma = \{(A^2 + B^2)^{1/2} / 2\} \times R \quad \dots (32)$$

となる。式(30)と式(32)から、合わせずれ量 z の存在範囲は、

$$c - 2\sigma \leq z \leq c + 2\sigma \quad \dots (33)$$

であることが分かる。

【0041】このことから、ウェハ内の合わせ誤差は式(33)の範囲、即ち測定点の平均値に標準偏差の2倍を加えた値が上限で測定点の平均値に標準偏差の2倍を引いた値が下限の範囲に入ることになり、この範囲に入らない測定点は、計測上の異常点即ちフライヤーであるとして以降の誤差解析には用いないようとする。

【0042】こうして得られた正常な測定結果を用いて、式(21) (22)からxとy方向のシフト誤差、xとy方向の倍率誤差、ウェハ回転誤差、ウェハ直交度誤差を求める。また、更に、線形誤差に限らず、2次以降の高次項の系統誤差を求めて良い。これらの系統誤差の解析値を後続のウェハやロットの露光において補正することで高精度の合わせ精度を得ることができる。ここで、以上の合わせ誤差の求め方を流れ図で示すと図8のようになる。

【0043】まず、重ね合わせ露光を行った後に、下層の合わせ誤差測定マークと上層の合わせ誤差測定マークを測定して、ショット内の測定点の平均値 c と標準偏差 σ_i を求める。そして、 $c \pm 3^{1/2} \sigma_i$ の範囲内にあるデータを用いて、ショットのx方向とy方向のシフト誤差を求め、ショット内の系統誤差を求める。ショット内での測定値が $c \pm 3^{1/2} \sigma_i$ の範囲外にあるデータはフライヤーであるとして以降の解析には用いない。

【0044】一方、ショットのシフト誤差とウェハ内での測定点の測定値としてウェハの平均値 C と標準偏差 σ_w を求める。そして、ウェハ内での測定値が $C \pm 2\sigma_w$ の範囲内にあるデータを用いて、ウェハのX方向とY方向のシフト誤差を求め、ウェハ内の系統誤差を求める。ウェハ内での測定値が $C \pm 2\sigma_w$ の範囲外にあるデータはフライヤーであるとして以降の解析には用いない。

【0045】そして、上記のようにして得られたショット内の系統誤差及びウェハ内の系統誤差に基づき補正量を決定し、この補正量を基にこれ以降の層の重ね合わせ露光を行うことになる。

【0046】(第2の実施形態) 第1の実施形態では、ショット内数点の測定点がある場合においてショット内の系統誤差が計算できる場合には有効であるが、ショット内の測定点が例えば1点しかないような場合にはショット内の系統誤差を解析することができない。このような場合には、ショット内の代表的な測定点のX方向のずれとY方向のずれをウェハ内でのそのショットのx方向とy方向のずれとしてと、ウェハの位置合わせ誤差を系

11

統的誤差に解析することが可能であり、また正常な測定値とフライヤーの区別をすることが可能である。

【0047】即ち本実施形態では、チップ単位の誤差補正はできないものの、ウェハ位置に対する誤差補正是可能である。重ね合わせ露光方法においては、ウェハ位置に対する誤差補正のみであっても十分な場合が多く、従って本実施形態によっても必要十分な効果が得られる。

【0048】(第3の実施形態) 第1及び第2の実施形態は、露光後の合わせずれ検査工程に係わる例を示したが、本発明によるフライヤーの除去は露光前のアライメントの工程にも用いることができる。

【0049】即ち、第1層目に対し第2層目を重ね合わせ露光しようとする際、第1層目に形成されたアライメントマークの位置を正確に測定しなければならない。この際にも、ウェハが半導体プロセスの影響などを受けたことでアライメントマークが検出しづらくなり、フライヤーが発生することがある。このような場合にも、第1及び第2の実施形態で示したのと同様な方法でフライヤーを除去することにより、正確な重ね合わせ露光を行うことが可能となる。

【0050】なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0051】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、請求項1、2の構成により、ショット内の合わせ誤差の測定結果からフライヤーを除いた測定値を選ぶことができ、その結果を用いてショット内の合わせ誤差のシフト誤差成分或いは系統誤差を後で露光するウェハをより正確に補正することが可能になる。さらに、請求項3、4の構成により、ウェハの合わせ誤差の測定結果からフライヤーを除いた測定値を選ぶことができ、その結果を用いてウェハの合わせ誤差のシフト誤差成分或いは系統誤差を後で露光するウェハをより正確に補正することが可能になる。

【0052】また、請求項5、6の構成により、ショッ

12

ト内のアライメントマークの位置を測定する際、測定結果からフライヤーを除いた測定値を選ぶことができ、その結果を用いてショット内の合わせ誤差のシフト誤差或いはアライメント位置の系統誤差を、露光するウェハのショットのより正確な重ね合わせ補正量とすることが可能になる。さらに、請求項7、8の構成により、ウェハのアライメントマークの位置を測定する際、測定結果からフライヤーを除いた測定値を選ぶことができ、その結果を用いてショット内のアライメント位置のシフト誤差或いはアライメント位置の系統誤差を、露光するウェハのウェハのより正確な補正量とすることが可能になる。

【0053】このように本発明によれば、正常な計測とフライヤーである異常な計測とを明確に判別することができ、合わせずれの補正を高精度に行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ウェハ上のアライメントマークと合わせ誤差測定マークの形成状態、及び1、2層目における合わせ誤差測定マークのずれ状態を示す図。

【図2】露光ショット内の系統誤差の様子を示す図。

【図3】露光ショット内の位置と系統誤差の関係を示す図。

【図4】露光ショットでの系統誤差の確率密度分布を示す図。

【図5】露光ウェハ内の系統誤差の様子を示す図。

【図6】露光ウェハ内の位置と系統誤差の関係を示す図。

【図7】露光ウェハ内の系統誤差の確率密度分布を示す図。

【図8】合わせ誤差の求め方を示す流れ図。

【符号の説明】

1 1…ウェハ

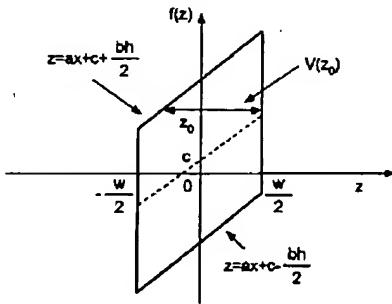
1 2…チップ

1 3…アライメントマーク

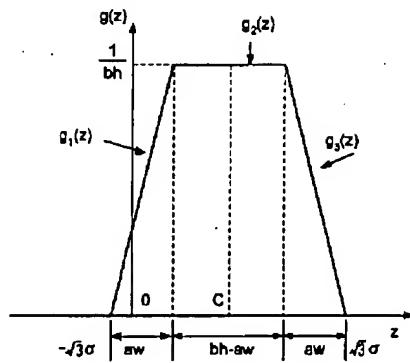
1 4…第1層目の合わせ誤差測定マーク

1 5…第2層目の合わせ誤差測定マーク

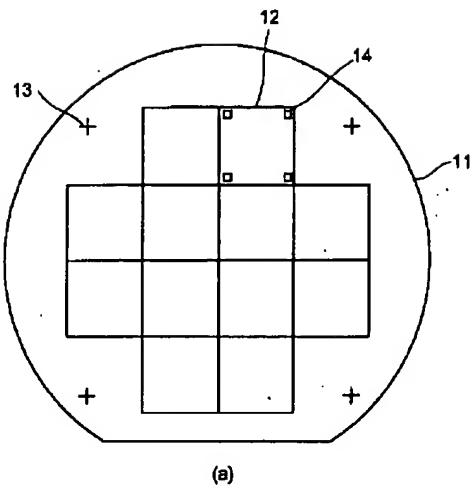
【図3】



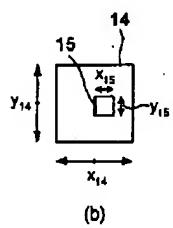
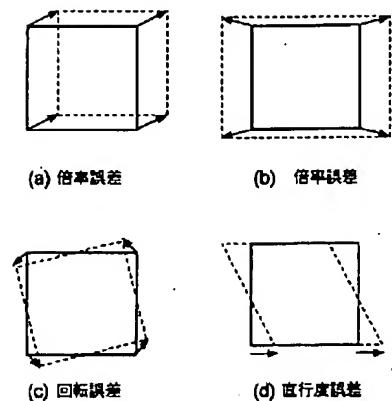
【図4】



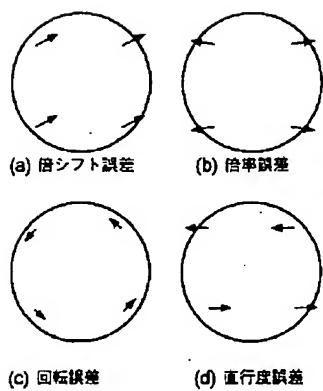
【図1】



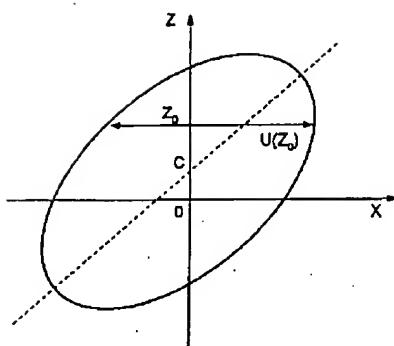
【図2】



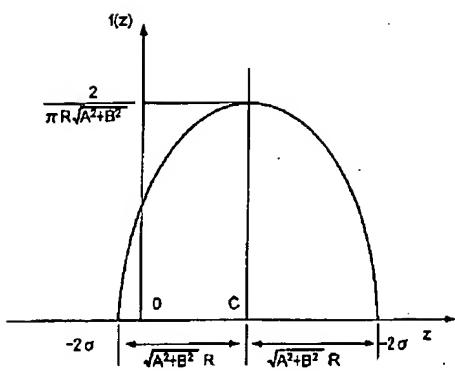
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

